

**THIS PAGE IS INSERTED BY OIPE SCANNING  
AND IS NOT PART OF THE OFFICIAL RECORD**

### **Best Available Images**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

**BLACK BORDERS**

**TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

**FADED TEXT**

**BLURRY OR ILLEGIBLE TEXT**

**SKEWED/SLANTED IMAGES**

**COLORED PHOTOS HAVE BEEN RENDERED INTO BLACK AND WHITE**

**VERY DARK BLACK AND WHITE PHOTOS**

**UNDECIPHERABLE GRAY SCALE DOCUMENTS**

**IMAGES ARE THE BEST AVAILABLE  
COPY. AS RESCANNING *WILL NOT*  
CORRECT IMAGES, PLEASE DO NOT  
REPORT THE IMAGES TO THE  
PROBLEM IMAGE BOX.**



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenl gungsschrift  
⑩ DE 44 32 081 A 1

②① Aktenzeichen: P 44 32 081.7  
②② Anmeldetag: 9. 9. 94  
④③ Offenlegungstag: 14. 3. 96

⑤① Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**B 29 C 65/14**  
B 29 C 65/18  
// (B29K 105:06,  
23:00,77:00,35:00,  
25:00,83:00,61:04)

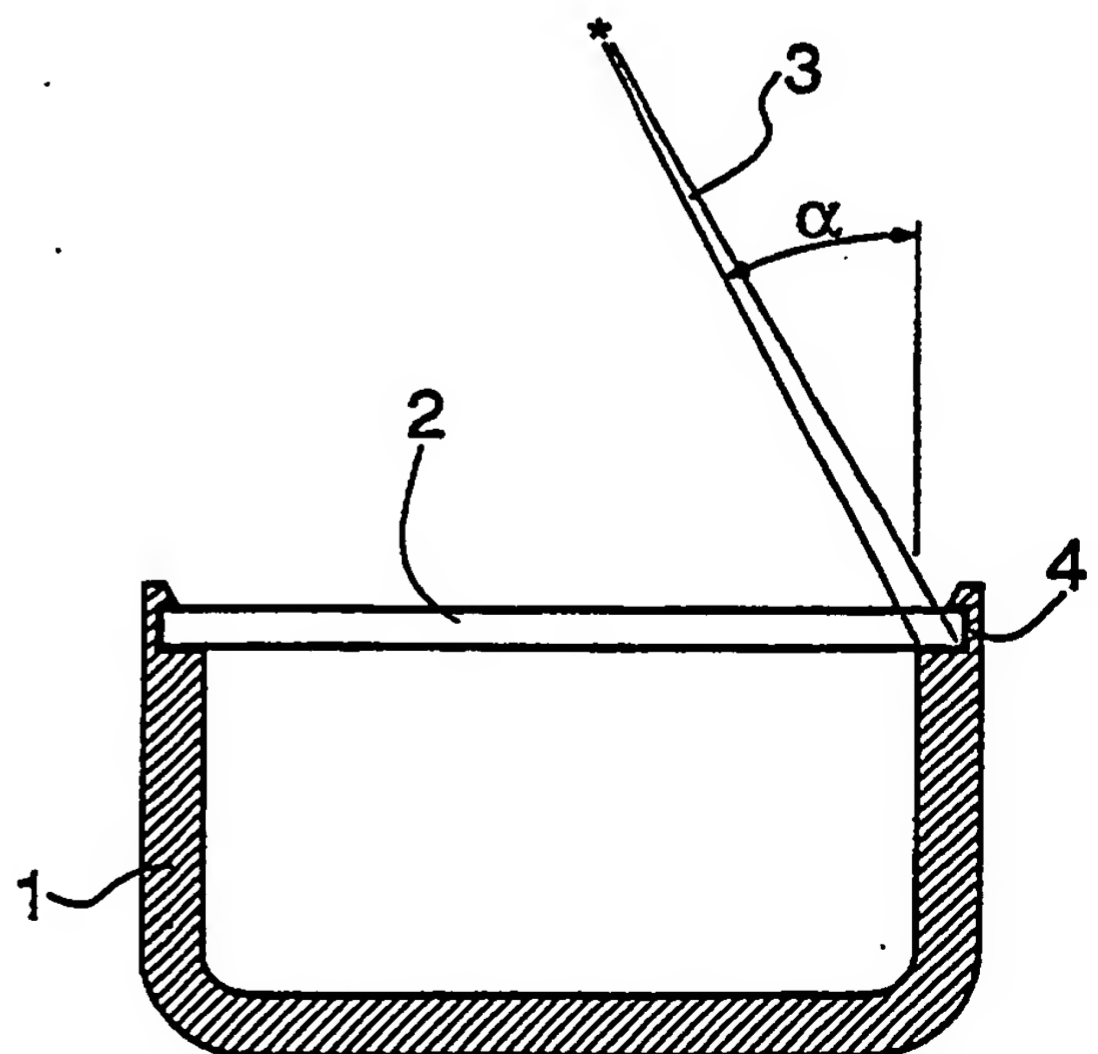
DE 44 32 081 A 1

⑦① Anmelder:  
BASF AG, 67063 Ludwigshafen, DE

⑦② Erfinder:  
Welz, Martin, 67098 Bad Dürkheim, DE; Roos,  
Roland, 67240 Bobenheim-Roxheim, DE

⑤④ Verfahren zum Schweißverbinden von Kunststoffteilen

⑤⑦ Füge­teile (1 und 2) aus Thermoplasten werden mit Hilfe von Strahlungsenergie (3) miteinander verschweißt, wobei die zu verbindenden Teile während des Schweißvorgangs durch Formschluß oder inneren Kraftschluß an den Füge­flächen (4) zusammengehalten werden.



DE 44 32 081 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schweißverbinden von Kunststoffteilen mit Hilfe von Strahlungsenergie.

Formteile aus thermoplastischen Kunststoffen können nach unterschiedlich n Schweißverfahren miteinander verbunden werden, wobei für das Aufschmelzen der Fügeflächen viele Energiearten eingesetzt werden, z. B. Warmgas, IR-Strahlung, beheizte Platten oder Formteile, Reibung durch Rotation oder Vibration, Ultraschall und hochfrequente elektromagnetische Felder.

Für die Serienfertigung von kleinen Formteilen bis etwa 150 mm Durchmesser, wird bevorzugt das Ultraschallschweißverfahren eingesetzt, da es mit Schweißzeiten unter einer Sekunde sehr wirtschaftlich arbeitet. Bei größeren Formteilen wird das Vibrationsschweißverfahren mit Schweißzeiten von wenigen Sekunden bevorzugt. Das Rotationsreißschweißverfahren ist auf rotationssymmetrische Teile beschränkt, und das Heizelementschweißen benötigt lange Aufheizzeiten.

Die genannten Schweißverfahren benötigen spezielle, zum Teil sehr aufwendige Werkzeuge für die Fixierung und ggf. auch zur Energieeinbringung, z. B. Heizelemente, Sonotroden usw., da insbesondere bei den Reibschweißverfahren hohe Kräfte aufgebracht werden müssen. Beim Ultraschallschweißen und beim Vibrationsschweißen werden zusätzlich die Teile und gegebenenfalls darin enthaltene Funktionsteile, z. B. Elektronik durch hohe Beschleunigungskräfte belastet und möglicherweise beschädigt. Beim Heizelementschweißen ist eine Schädigung durch Wärmestrahlung oder Konvektion oft nicht auszuschließen.

Vorliegender Erfindung liegt dementsprechend die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Schweißverbinden von Kunststoffteilen mit Hilfe von Strahlungsenergie zu entwickeln, welches ohne Vorrichtungen zur Fixierung der zu verbindenden Teile und ohne aufwendige Einrichtungen zum Einbringen der Schweißenergie auskommt.

Die Lösung der Aufgabe besteht in einem Verfahren der genannten Art, bei dem gemäß der Erfindung die zu verbindenden Teile zuerst durch Formschluß oder inneren Kraftschluß in der richtigen Endlage miteinander fixiert und die Fügeflächen dabei in Kontakt gebracht und anschließend mit Strahlungsenergie beaufschlagt werden.

Weitere Einzelheiten und Vorteile des Verfahrens nach der Erfindung sind anhand in der Zeichnung schematisch dargestellter Ausführungsbeispiele nachfolgend beschrieben.

Es zeigen

Fig. 1 eine formschlüssige Fixierung der zu verbindenden Fügeile und Beaufschlagung mit Strahlungsenergie

Fig. 2 das Verbinden stumpf aufeinander stoßender Fügeflächen mittels Strahlungsenergie.

Das Verbinden von Formteilen aus Thermoplasten durch Schweißen mit energiereicher Strahlung ist einfach auszuführen, wenn ein Fügeile 1 (Fig. 1) aus Strahlung gut absorbierendem und das zweite 2 aus Strahlung zumindest teilweise durchlässigem ab r mit dem ersten Teil gut verschweißbarem Material besteht.

Durch die energiereiche Strahlung 3, beispielsweise Laserstrahlen, die durch das durchlässige bzw. teildurchlässige Fügeile auf die Fügefläche 4 des absorbierenden Fügeile 1 dringt, wird letztere aufgeschmolzen und erwärmt auch die Fügefläche des nicht absorbi ren-

den Teils 2, da die Schmelze — bedingt durch die Ausdehnung auf ein größeres Volumen — auch in der Lage ist, kleinere Spalte zu überbrücken. So wird bei Erzeugung eines ausreichenden Schmelzevolumens ein Schweißdruck von innen aufgebaut. Bei Abkühlung der Teile baut sich dieser Druck wieder ab.

Beim Schweißen mit energiereichen Strahlen wird im Gegensatz zu anderen Schweißverfahren, wie Vibration oder Ultraschall, nur ein kleiner Bereich der Fügezone aufgeschmolzen (Fig. 2), die restliche Fügezone wirkt dabei als Abstandhalter, die die von außen aufgebrachte Schweißkraft abfängt. Es ist daher wichtig, daß keine Schmelze durch Austrieb verloren geht, damit beim Abkühlen keine Vakuolen oder Eigenspannungen durch Schrumpfung entstehen.

Ferner ist die Vermeidung von Schmelzeaustrieb hinsichtlich des Aussehens und der Funktion der Formteile von großem Vorteil und erspart eine sonst notwendige Nacharbeit. Konstruktive Maßnahmen, wie sie zum Verdecken des Austriebs erforderlich sind, können somit entfallen. Beispielsweise wird bei stumpf aufeinanderstoßenden Fügeflächen nach allen Seiten ein von der Energiestrahlung nicht beaufschlagter Randbereich 5 (Fig. 2) eingehalten.

Das gegenseitige Fixieren der Fügeile 1 und 2 erfolgt erfindungsgemäß durch Formschluß, z. B. durch Einrastverbindungen oder Gewinde oder inneren Kraftschluß, wie Verschraubungen oder Magnete. Diese Fixierung braucht nur so dimensioniert werden, daß der örtlich entstehende Schweißdruck, der sich mit der Strahlführung entlang der Nahtkontur bewegt, aufgenommen wird. Die Teile können dann, beispielsweise von einem Roboter, so geführt werden, daß die Schweißnahtkontur vom energiereichen Strahl immer frei erreichbar ist. Eine von außen aufzubringende Fixierung würde beide Fügeile erfassen und daher die Strahlführung erheblich behindern und die Teile mechanisch belasten. Die Relativgeschwindigkeit zwischen Schweißstrahl und der zu schweißenden Naht, die Vorschubgeschwindigkeit also, hängt vom Material und dessen Wandstärke sowie von der Nahtbreite und der Strahlleistung ab und liegt gewöhnlich zwischen 0,5 und 10 m/min.

Für das Schweißen mit energiereichen Strahlen sind fast alle Thermoplaste geeignet. Die Durchlässigkeit bzw. Absorption der Strahlung ist sowohl vom Thermoplasttyp und den Zusätzen, wie Füllstoffe und Pigmente als auch von der Wellenlänge und Energiedichte der eingesetzten Strahlen abhängig. Zum Verbinden von nichtthermoplastischen Fügeile können diese mit thermoplastischen Beschichtungen an den Fügeflächen versehen werden.

Für das erfindungsgemäße Schweißverfahren und die dafür bevorzugt eingesetzten Strahlen eines Nd:YAG — Lasers sind als durchlässige oder teildurchlässige Thermoplaste insbesondere geeignet:

Polyolefine, Polyamide, Polyformaldehyd, PMMA, PBT, PET. Weiterhin sind auch Styrolpolymere und -copolymere, Polysulfone u. a. geeignet.

Die erforderliche Strahlenabsorption von Thermoplasten ist durch verschiedene Zusätze auf die gewünschte Strahleindringtiefe einstellbar. Dabei haben sich die verschiedensten Farbmittel, insbesondere aber Ruß oder Nigrosin in einer Konzentration von 0,01 bis 0,10% bewährt.

Andere Zusätze, beispielsweise Glasfasern, Glaskugeln und andere Füllstoffe, erhöhen zwar die Streuung der Strahlung in den Teilen und verkleinern damit die

Eindringtiefe, verhindern aber nicht vollständig die Durchdringung, so daß auch derartige Materialien für zu durchstrahlende Teile bedingt geeignet sind. Auch diese gefüllten Thermoplaste sind durch spezielle Zusätze so einstellbar, daß sie die energiereiche Strahlung in der Oberfläche absorbieren.

Als energiereiche Strahlung werden Laserstrahlen beispielsweise einer Wellenlänge zwischen 0,50 und 10,90  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise zwischen 0,70 und 3  $\mu\text{m}$  eingesetzt. Die Erzeugung der Strahlung und deren Eigenschaften sind in der einschlägigen Literatur beschrieben. Dabei sind alle Laserquellen einzusetzen, die Thermoplaste erwärmen können, insbesondere Laser, die im Infrarotbereich emittieren. Bevorzugt wird für das Schweißen von Thermoplasten der Nd:YAG — Laser eingesetzt, für viele Anwendungen ist aber auch der CO<sub>2</sub>-Laser geeignet.

Bei einer Kombination von Fügeteilen aus nicht absorbierendem und absorbierendem Material wird die Fügefläche des absorbierenden Unterteils durch das Oberteil hindurch bestrahlt und durch die Absorption in der Oberfläche aufgeheizt und aufgeschmolzen. Dabei ist es von Vorteil, wenn der Einfallswinkel  $\alpha$  möglichst klein ist, um Verluste durch Reflexion gering zu halten.

Beim Verschweißen von Fügeteilen aus stark absorbierenden Materialien und bei Stumpfschweißnähten ist auch eine Bestrahlung in der Schweißebene möglich. Die Nahtbreite entspricht dann der Eindringtiefe des Strahles.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Schweißverbinden von Kunststoffteilen mit Hilfe von Strahlungsenergie, dadurch gekennzeichnet, daß die zu verbindenden Teile zuerst durch Formschluß oder inneren Kraftschluß in der richtigen Endlage miteinander fixiert und die Fügeflächen dabei in Kontakt gebracht und anschließend so lange mit Strahlungsenergie beaufschlagt werden, bis in der vorgesehenen Schweißzone die Kunststoffteile aufgeschmolzen sind, sich dabei verbinden, und die auf diese Weise verbundenen Kunststoffmaterialien durch Abkühlen verfestigt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei stumpf aufeinander stoßenden Fügeflächen nach allen Seiten ein von der Energiestrahlung nicht beaufschlagter Randbereich eingehalten wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Energiestrahlung Laserstrahlen einer Wellenlänge zwischen 0,50 und 10,90  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise zwischen 0,70 und 10,64  $\mu\text{m}$  eingesetzt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zum Schweißverbinden von nichtthermoplastischen Kunststoffteilen diese an den Fügeflächen mit thermoplastischem Kunststoffmaterial beschichtet werden.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

FIG.1

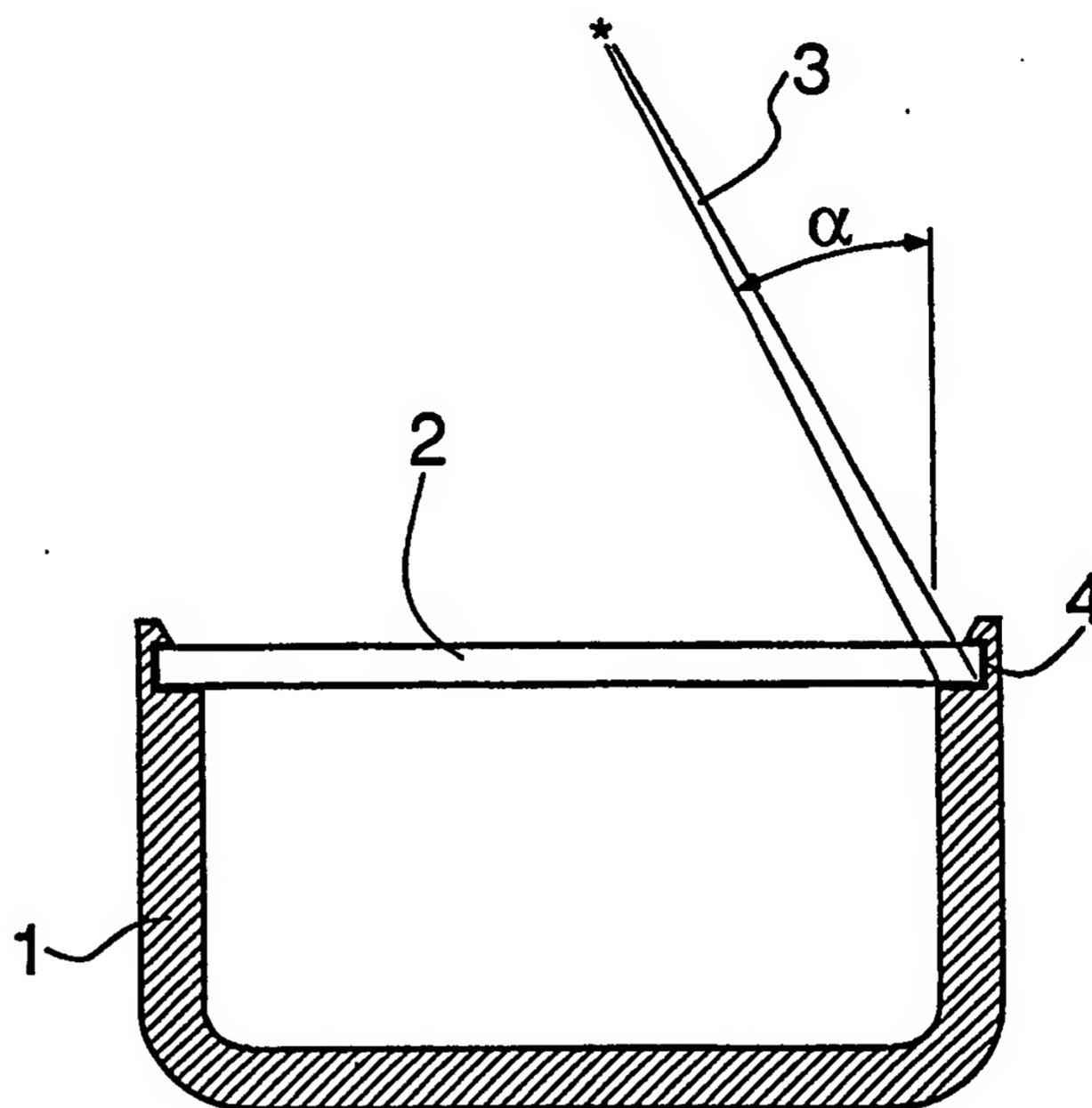
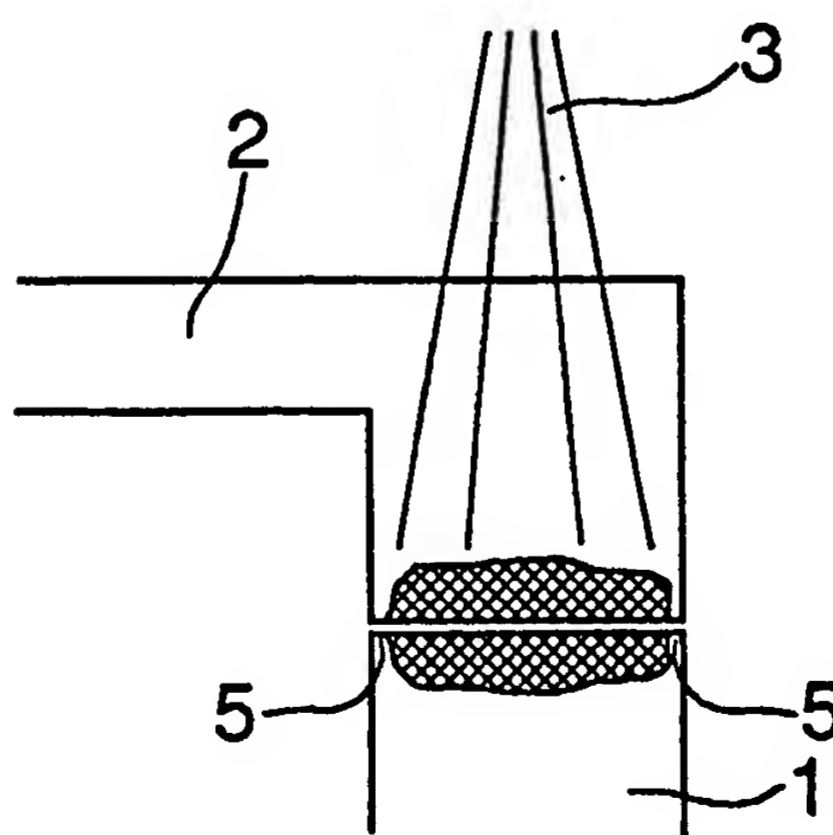


FIG.2



DE 4432081

The invention relates to a method for welding plastic parts with the aid of radiant energy.

Mouldings composed of thermoplastics can be joined to one another by different welding methods with many types of energy being used for melting the joining surfaces, eg hot gas, IR radiation, heated plates or mouldings, friction due to rotation or vibration, ultrasound and high-frequency electromagnetic fields.

For the series production of small mouldings up to approximately 150 mm in diameter the ultrasonic welding method is preferably employed since it operates very efficiently with welding times of less than one second. In the case of larger mouldings the vibration welding method with welding times of a few seconds is preferred. The rotary friction welding method is limited to parts having rotational symmetry and heating utensil welding requires long heating up times.

Said welding methods need special, sometimes very expensive tools for fixing and also possibly for introducing the energy, eg heating elements, sonotrodes etc, since particularly in the case of the friction welding methods high forces must be applied. In ultrasonic welding and in vibration welding the parts and possibly functional parts contained therein, eg electronics, are additionally subjected to high acceleration forces and possibly damaged. In heating element welding damage due to heat radiation or convection often cannot be ruled out.

Accordingly, it is an object of the present invention to develop a method for welding plastic parts together with the aid of radiant energy which makes do without devices for fixing the parts to be joined and without expensive equipment for introducing the welding energy.

The solution to this task consists in a method of the type identified in which according to the invention the parts to be joined are fixed to one another in the correct final position by form-fitting or internal friction-fitting and in doing so the joining surfaces are brought into contact and then have radiant energy applied to them.

Other details and advantages of the method according to the invention are described below with reference to exemplified embodiments illustrated schematically in the drawing.

This shows:

Fig 1 a form-fitting fixing system for the parts to be joined and application of radiant energy and

Fig 2 the joining of joining surfaces in flush contact with one another.

Joining mouldings made of thermoplastics by welding with high-energy radiation is simple to carry out when one part to be joined 1 (Fig 1) is composed of material which absorbs radiation well and the second 2 is composed of material which is at least partially transparent to radiation but can be readily welded to the first part.

By means of the high-energy radiation 3, laser beams for example, which penetrates through the transparent or partially transparent part to be joined onto the joining surface 4 of the absorbent part to be joined 1 the latter is melted and also heats the joining surface of the non-absorbent part 2 since the melt - due to its expansion to a greater volume - is also able to bridge relatively small gaps. Thus, on producing an adequate volume of melt a welding pressure is built up from the inside. When the parts are cooled this pressure falls off again.

When welding with high-energy beams, in contrast with other

welding methods such as vibration or ultrasound, only a small region of the joining zone is fused (Fig 2) the remainder of the joining zone simultaneously acting as a spacer which captures the welding force applied from the outside. It is accordingly important that no melt is lost by lateral flow so that on cooling no voids or internal stresses arise due to shrinkage.

Furthermore, the avoidance of lateral flow of melt is of great advantage with regard to the appearance and function of the mouldings and saves on finishing work otherwise needed. Design measures needed to conceal the lateral flow can thus be eliminated. For example, in the case of joining surfaces in flush contact with one another on all sides an edge region 5 (Fig 2) which is not exposed to the radiant energy is adhered to.

The fixing relative to one another of the parts 1 and 2 to be joined ensues according to the invention by form-fitting, eg by means of catch connections or threads, or internal friction-fitting such as screwed connections or magnets. This fixing system need only be of such a size that the locally produced welding pressure which moves along the contour of the seam in line with the guidance of the beam is absorbed. The parts may then be guided, by a robot for example, in such a way that the weld seam contour is always freely accessible to the high-energy beam. A fixing system to be applied from the outside would capture both parts to be joined and, therefore, considerably impede guidance of the beam and impose a mechanical load on the parts. The relative speed between the welding beam and the seam to be welded, that is to say the rate of advancement, depends on the material and its wall thickness and on the width of the seam and the power of the beam and is usually between 0.5 and 10 m/min.

Almost all thermoplastics are suitable for welding with high-energy beams. The transparency to or absorption of the radiation depends on the type of thermoplastic and the additives, such as fillers and pigments, and also on the wavelength and energy density of the beams employed. When non-thermoplastic parts are to be joined these can be provided with thermoplastic coatings on the joining surfaces.

For the welding method according to the invention and the beams of a Ng YAG laser preferably employed for this purpose particularly suitable transparent or semitransparent thermoplastics are: polyolefins, polyamides, polyformaldehyde, PMMA, PBT and PET. Furthermore, styrene polymers and copolymers, polysulfones and others are also suitable.

The necessary absorption of the beams by thermoplastics can be adjusted to the desired penetration depth by means of different additives. The most varied colorants have proved to be effective for this, but in particular carbon black or nigrosine at a concentration of 0.01 to 0.10 %.

Other additives, for example glass fibres, glass beads and other fillers increase the scattering of the radiation in the parts and hence reduce the penetration depth but not penetration completely so that such materials too have limited suitability for parts to be irradiated. These filled thermoplastics are also adjustable by special additives in such a way that they absorb the high-energy radiation at the surface.

For the high-energy radiation laser beams having a wavelength, for example, between 0.50 and 10.90  $\mu\text{m}$ , preferably between 0.70 and 3  $\mu\text{m}$ , are employed. The production of the radiation and the properties thereof are described in the relevant literature. In doing so all laser sources may be employed which can heat

thermoplastics, in particular lasers which emit in the infrared range. The Nd YAG laser is preferably used for welding thermoplastics but the CO<sub>2</sub> laser is also suitable for many applications.

In a combination of parts to be joined made of non-absorbent and absorbent material the joining surface of the absorbent lower part is irradiated through the upper part and heated and melted by absorption in the surface. In doing so it is advantageous for the angle of incidence  $\alpha$  to be as small as possible in order to keep losses due to reflection small.

When welding parts composed of highly absorbent materials and in the case of flush weld seams it is also possible to irradiate in the welding plane. The width of the seam then corresponds to the depth of penetration of the beam.

### Claims

1. Method for joining plastic parts by welding with the aid of radiant energy, characterised in that the parts to be joined are first of all fixed to one another in the correct final position by form-fitting or internal friction-fitting and in doing so the joining surfaces are brought into contact and then acted upon by radiant energy until in the planned welding zone the plastic parts are fused and in doing so join and the plastic materials joined in this way are hardened by cooling them down.
2. Method according to Claim 1, characterised in that in the case of joining surfaces flush on top of one another on all sides a peripheral region not acted upon by the energetic radiation is adhered to.
3. Method according to Claim 1 and 2, characterised in that for the energetic radiation laser beams having a wavelength between 0.50 and 10.90  $\mu\text{m}$ , preferably between 0.70 and 10.64  $\mu\text{m}$  are employed.
4. Method according to Claim 1 to 3, characterised in that for joining non-thermoplastic plastic parts by welding these are coated on the joining surfaces with thermoplastic plastic material.